



УДРУЖЕЊЕ
ИНЖЕЊЕРА
БЕОГРАДА



UNION OF
ENGINEERS
OF BELGRADE

XIV НАУЧНО - СТРУЧНА КОНФЕРЕНЦИЈА СА МЕЂУНАРОДНИМ
УЧЕШЋЕМ

**„ПАМЕТНИ ГРАДОВИ И ИНТЕГРАЦИЈА ТЕХНОЛОГИЈА
ЧЕТВРТЕ ИНДУСТРИЈСКЕ РЕВОЛУЦИЈЕ 4.0“**

Уредништво:

Весна Златановић-Томашевић

Ранка Гајић

Новица Стевановић

Суорганизатори:



ИНЖЕЊЕРСКА АКАДЕМИЈА СРБИЈЕ



САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ

Покровитељи:



МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ,
НАУКЕ И ТЕХНОЛОШКОГ РАЗВОЈА



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

БЕОГРАД, 2022

САДРЖАЈ

ПРВА ТЕМАТСКА ОБЛАСТ: ЗАКОНОДАВНИ, ДРУШТВЕНИ И ЕКОНОМСКИ АСПЕКТИ ИНДУСТРИЈСКЕ РЕВОЛУЦИЈЕ 4.0

| | |
|--|-------|
| проф. др Весна Златановић-Томашевић РАЗВОЈ НОВИХ ТЕХНОЛОГИЈА И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА УРБАНИ РАЗВОЈ | 12-21 |
| Др Радослав Раковић СТАНДАРДИ ЗА ОДРЖИВИ РАЗВОЈ | 22-33 |
| Александра Гајовић, Тијана Лубура Бабић ПАМЕТНИ ГРАДОВИ КАО БУДУЋНОСТ И ДОПРИНОС ЗЕЛЕНОМ ДОГОВОРУ | 34-42 |
| М.Сс. Љиљана Тубић РАЗВОЈ РЕГИЈЕ БЕОГРАДА - ИЗГУБЉЕНА ПРИЛИКА | 44-52 |
| Доц. др Ранка Гајић ВИСОКИ ОБЈЕКТИ У ГРАДОВИМА ДАНАС - НЕОПХОДНОСТ, ЛУКСУЗ ИЛИ СРЕДСТВО БРЗЕ ЗАРАДЕ? | 54-73 |
| Проф. др Александар Лукић, др Соња Живојиновић РЕДИЗАЈНИРАЊЕ ТРАДИЦИОНАЛНЕ МЕНАџМЕНТ ФУНКЦИЈЕ У ДИГИТАЛНОЈ ЕКОНОМИЈИ | 74-80 |

ДРУГА ТЕМАТСКА ОБЛАСТ: АСПЕКТИ ЗАШТИТЕ ПРОСТОРА

| | |
|---|---------|
| Митар Бијелић, Биљана Милановић, Здравко Бијелић СИСТЕМСКИ МОДЕЛ РАЗВОЈА ЕНЕРГЕТСКИХ СИСТЕМА ПРИМЈЕНОМ ИНДУСТРИЈЕ 4.0 | 84-94 |
| Слободан Недељковић, мр Владета Вујанић, Милован Јотић ПАМЕТНИ ГРАДОВИ И ГЕОЛОШКА СРЕДИНА | 96-102 |
| Миља Младеновић, маст.инж.урб. ПАЛИМПСЕСТ КАО ИСТРАЖИВАЧКИ МОДЕЛ У УРБАНИМ СТУДИЈАМА | 104-112 |

Милица Јовановић

УРБАНИСТИЧКО ПЛАНИРАЊЕ У ФУНКЦИЈИ ЗАШТИТЕ ОД ПРИРОДНИХ НЕПОГОДА - СЛУЧАЈ СЕЛА МАТИ У ЈУГОИСТОЧНОЈ ГРЧКОЈ.....114-124

Милена Лакићевић, Миа Вицковић

КАРТИРАЊЕ ГРАДСКИХ ПАРКОВА У СРБИЈИ.....126-131

Зоран Пендић, Сања Полак, Бојана Јаковљевић, Марко Полак, Жељко Марковић, Зоран Димитријевић, Марина Стрижак, Драган Јовановић, Љиљана Јовановић

ПАМЕТНА (ДИГИТАЛНА) ВОДА ЗА ПИЋЕ ЗА ПАМЕТНИ (ДИГИТАЛНИ) ГРАД.....132-144

Рудолф Тот

ГЕОТЕРМАЛНА ПОСТРОЈЕЊА И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ.....146-157

ТРЕЋА ТЕМАТСКА ОБЛАСТ: ЕДУКАЦИЈА, НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ, УЧЕШЋЕ ЈАВНОСТИ

Здравко Бијелић, Митар Бијелић, Жељка Бијелић

ТЕХНОЛОГИЈЕ ИНДУСТРИЈЕ 4.0. ФАКТОР СИСТЕМСКОГ УПРАВЉАЊА ИНТЕГРИСАНИМ РАЗВОЈЕМ ГРАДОВА160-169

Isak Karabegović, Ivano-Frankivsk

РАЗВОЈЕМ ИСТРАЖИВАЊЕМ I IMPLEMENTACIJOM TEMELJNIH TENNOLOGIJA INDUSTRIJE 4.0. DOLAZIMO DO PAMETNIH GRADOVA.....170-185

Доц. др Ана Трпковић, Сретен Јевремовић

УЛОГА И МЕСТО МИКРОМОБИЛНОСТИ У РАЗВОЈУ ПАМЕТНОГ ГРАДА.....186-197

Проф. др Драгана Васиљевић-Томић, др Иван Филиповић

НОВИ НАСТАВНИ МОДЕЛ ЗА ИСТРАЖИВАЊЕ / БИО-ИНСПИРИСАН ДИЗАЈН.....198-208

Тијана Жижић
**ТЕХНОЛОГИЈА ЗД ШТАМПЕ БЕТОНА И НАЧИНИ
ПРИЛАГОЂАВАЊА ДОБИЈЕНИХ СТРУКТУРА КЛИМАТСКИМ
УСЛОВИМА У СРБИЈИ.....210-221**

Др Тања Аранђеловић, Др Марија Цветиновић, Др Марјана Бркић,
Мирјана Утвић, М.Сс. Љиљана Илић. М.Сс. Наташа Ђокић
**КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ У БЕОГРАДУ КРОЗ ГРАЂАНСКУ
НАУКУ.....222-233**

ЧЕТВРТА ТЕМАТСКА ОБЛАСТ: МЛАДИ ИСТРАЖИВАЧИ - Радови
младих истраживача, студентски радови

Изложба радова студената класе Предмет: Одрживи
територијални развој - Студио М03, усмерење урбанизам, II година
Мастер академских студија, Архитектонски факултет Универзитета у
Београду, класа ванредног професора др Бисерке Митровић.

Тема: Међународни студентски конкурс "BEIRUT PORT
COMPETITION" у категорији „Urban landscape and design”.
Организатор конкурса: INSPIRELI AWARDS Department of Architecture
at CVUT in Prague, Beirut Municipality236-244

АПСТРАКТИ

Проф. др Ружица Богдановић
**СОФТВЕРСКИ ПРИСТУП У ПЛАНИРАЊУ И ТРАНСПОРТУ:
УШТЕДА РЕСУРСА И СМАЊЕЊЕ ЗАГАЂЕЊА.....248**

Проф. др Бисерка Митровић
**ПАМЕТНИ ГРАДОВИ, ПАМЕТНИ УРБАНИ РАЗВОЈ, ПРАКСА
ПЛАНИРАЊА У СРБИЈИ: ШАНСЕ И ОГРАНИЧЕЊА.....250-251**

Др Ива Чукић, Јована Тимотијевић
**ДЕМОКРАТИЗАЦИЈА ПРОЦЕСА УРБАНИСТИЧКОГ ПЛАНИРАЊА
У КОНТЕКСТУ НОВИХ ТЕХНОЛОГИЈА.....252-253**

Доц. Др Небојша Гаџић
**ХОЛИСТИЧКА СТРАТЕГИЈА САВРЕМЕНОГ РАЗВОЈА ЕНТИТЕТА
НА ШАР- ПЛАНИНИ254-255**

ТЕХНОЛОГИЈА ШТАМПЕ ЗД БЕТОНА И НАЧИНИ ПРИЛАГОЂАВАЊА ДОБИЈЕНИХ СТРУКТУРА КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА У СРБИЈИ

TECHNOLOGY OF 3D CONCRETE PRINTING AND WAYS OF ADAPTATION OF OBTAINED STRUCTURES TO CLIMATE CONDITIONS IN SERBIA

Тијана Жишић

Универзитет у Београду - Архитектонски факултет, Београд

АПСТРАКТ

ЗД штампа бетона се појавила као производ индустријских револуција 3.0 и 4.0. То је иновативна фаза процеса изградње бетонских објеката, где се припремљена супстанца екструдира кроз млазницу за штампање планиране структуре ин ситу. Ова операција обећава мање материјалног отпада, смањене трошкове изградње, повећану сигурност на раду и даје могућност замишљања и изградње архитектуре слободног облика.

Одабрана техника штампе (од седам стандардних типова и бројних мешавина), коришћени материјали и могућа ојачања, као и величина слојева/контактне површине – утиче на спецификације будућег производа. Све су то мање-више иста ограничења са којима се суочавају стандардни бетонски елементи (било префабриковани или ливени на градилишту).

Међутим, оно што добијену структуру чини одрживијом од стандардних бетонских грађевина јесте могућност формирања смеше за штампу са до 40% мање цемента и додавањем других материјала у мешавину како би се постигле боље термоизолационе карактеристике касније очврслих елемената.

Ова студија представља преглед тренутног стања технологије ЗД штампаног бетона у Србији, са освртом на климатске услове на Балкану и начине на које би се могло деловати ка унапређењу, како би овако добијени елементи били употребљени у свакодневной градњи.

Кључне речи: *ЗД штампа бетона, биоклиматска архитектура, технологија штампе, бетон у архитектури*

ABSTRACT

3D concrete printing emerged as a product of the industrial revolutions 3.0 and 4.0. This is an innovative phase of the process of building concrete structures, where the prepared substance is extruded through a nozzle for printing the planned object in situ. This operation promises less material waste, reduced construction costs, increased workers safety and gives the opportunity to imagine and build free-form architecture.

The chosen printing technique (of the seven standard types and numerous blends), the possible materials and reinforcements used, as well as the size of the layers/contact surface - affect the specifications of the future product. These are all more or less the same limitations we face with standard concrete elements (either precast or site cast).

However, what makes the structure more durable than standard concrete structures is the ability to form a printing mixture with up to 40% less cement and adding other materials to the mix to achieve better thermal insulation properties of later solid elements.

This study presents an overview of the current situation of 3D printed concrete technology in Serbia, with an overlook at the climatic conditions in the Balkans and ways the technology and materials could be improved, so that the elements obtained this way can be used in everyday construction.

Keywords: *3D concrete printing, bioclimatic architecture, printing technique, concrete in architecture*

УВОД

Тродимензионално штампање бетона је савремени производни процес који је још увек на самом почетку истраживања. Ова технологија има значајну примену у различитим областима индустрије захваљујући брзој изради комплексних форми, без расипања материјала и потребе за додатном људском снагом.

Технологија 3Д штампе омогућава размишљање о будућности дизајна и грађевине на слободнији начин, уз испуњавање до сада тешко достижних норматива по питању економије, екологије, енергетске ефикасности, одрживости – за које постоји потенцијал да се истраже и уграде у производни процес овог типа.

Предмет предстојећег истраживања је метода 3Д штампе бетона, рецептура и начин добијања самог филамента / материјала као и захтеване технологије. Циљ рада је сагледавање потенцијала и изазова примене 3Д штампаног бетона у градњи и детектовање метода којима се може доћи до потенцијалних решења (на основу прегледа већ постојећих истраживања на дату тему).

Методологија рада подразумева анализу постојеће литературе и разматрање проблема градње и актуелне примене технологије 3Д штампе, уз детектовање могућих неистражених појмова или делова процеса значајних за напредовање овог типа иновативне технологије.

ИСТОРИЈАТ И ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Цемент бетон, који данас подразумевамо под појмом бетона - појављује се у Риму – где је справљан на различите начине и употребљаван у различите сврхе, а увек са истом намером – да се формира дуготрајни материјал који неће пропадати под дејством временских непогода, а називан је "opus caementicium".

Поред овог типа, постоје и гипс-бетони, креч-бетони, бетони на бази воденог стакла, асфалт-бетони и други, који су бивали откривени на различитим локацијама и коришћени у различите сврхе. Бетон је композитни материјал сачињен од цемента, агрегата и воде.

Уз горе наведене основне састојке бетона, могу му се додавати и адитиви ради побољшања квалитета очврслог материјала, којих је свега 5% масе цемента у мешавини. Адитиви могу бити: пластификатори, аеранти, заптивачи, акцелератори, ретардери, инхибитори корозије, антифризи... Као концепт, настали су у старом Риму, при додавању животињске масти, млека, јаја или крви бетону – како би уграђени материјал боље поднео зимске услове или био лакши за уграђивање.

Бетонски елементи добро подносе силу притиска, али не и затезања – те је у том смислу значајан проналазак Јосефа Мониера из 1867. - армирани бетон. Челик, угљенична или стаклена влакна, карбонске траке... "уграђују се" у бетон ради постизања бољих реакција целокупног материјала на силе затезања. Сви бетонски елементи ливени су на лицу места уз помоћ оплате, до патентирања префабрикованих бетонских елемената – који су готови доношени на градилиште и на тај начин смањивали трошкове рада и били боља замена за ливени бетон у еколошком смислу.

Са 3.0 и 4.0 индустријском револуцијом, појављује се нова технологија ливења бетона на лицу места – 3Д штампа бетона (просторна штампа бетонских елемената).

Тростандардно штампање (3d printing, additive manufacturing) је производни процес који помоћу рачунара генерише и на лицу места производи елементе од филамента на бази којег ради (сировине за штампање). На овај начин, омогућена је производња објеката слободне геометрије (freeform architecture/design), уз мање материјалног отпада, смањене трошкове изградње и повећану сигурност на раду.

3Д штампа је технологија која је најпре коришћена у медицинској, авио и ауто индустрији, међутим, последњих година, с обзиром да је поједностављен поступак и смањена цена израде, проширен је аспект њене примене. Све су присутнија истраживања и разматрања употребе технологије 3Д штампе у грађевинарству. Такође, захваљујући способности да се прилагоди локалном контексту и великој флексибилности употребе, ова технологија се чини као повољна за постизање оптималних резултата у разним ситуацијама. Данас, већина истраживања у овом пољу је у фази разраде концепата и израде прототипова, али евидентно је да постоји потенцијал за њену ширу употребу у будућности.

Бетон је један од могућих филамената (пуниоца) 3Д штампача, који се у том случају справља на специфичан начин и избацује из машине ин ситу – кроз млазницу којом управља рачунар. Уз промену мешавине бетона, могуће је координирати покретима млазнице, као и њеном брзином и попречним пресеком отвора кроз који излази бетонска смеша.

Процес који прати ова врста технологије је следећи:

1. Концепт дизајн (на рачунару)

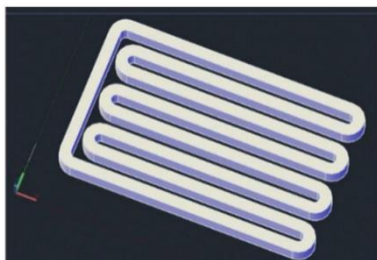
Дизајнирање маса, односно габарита, елемената или објеката који ће бити штампани – уз каснију могућност додавања детаља.

2. Детаљни дизајн (на рачунару)

Формирање тродимензионалног модела у реалним мерним јединицама са пажњом усмереном ка детаљима – дебљинама зида који се штампају у бетону, могућим распонима и генерално ограничењима који се јављају код 3Д штампе бетоном.

3. Штампа елемената или објеката на лицу места

Преко конекције штампача са моделом на рачунару – из кога он директно читава кретање које треба да зада млазници при штампању бетоном.

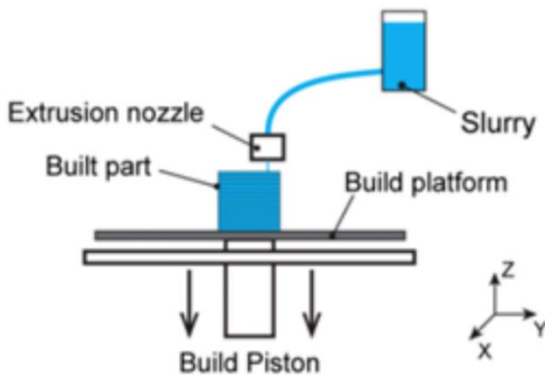


Слика 1. Тродимензионални модел на рачунару (лево) и модел у процесу штампе (десно). Извор: Рехман, 2021.

Познате и доступне методе за тродимензионално штампање бетона (на основу саме технологије штампе) су следеће:

1. Метода екструдирања (extrusion-based method):

Материјал на бази цемента убризгава кроз млазнице различитих величина да би се формирала слојевита структура. Материјали погодни за овакву врсту производње захтевају много истраживања јер својства смеше морају бити компатибилна са типом апарата за штампање и да у исто време испуњавају одговарајуће физичко-механичке захтеве.

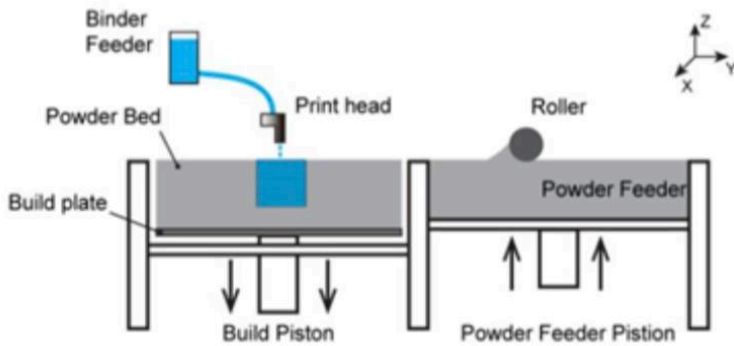


Слика 2. Приказ методе екструдирања у 3Д штампи бетона.
Извор: Баниасади, 2021.

2. Метода праха (Д-облика)

Технологија заснована на праху, такође позната као технологија Д-облика, је 3Д производна техника посебно развијена за стварање сложених облика. Уместо да користите цементну пасту, као и код других метода, овај поступак користи слојеве праха и лепка. Материјал је положен до жељене дебљине, сабијен, а затим се наноси помоћу млазница постављених на оквир портала дела који се учвршћује. Када се део заврши, уклања се слој праха. Овај аутоматизовани систем, који користи песак и везиво за производњу структура слободног облика налик камену, омогућава комплетну штампу структуре без људске интервенције.

Овај процес може се извести са било којим материјалом налик песку и производи мало отпада – који се свакако може даље користити (преостали песак који се скида са структуре).

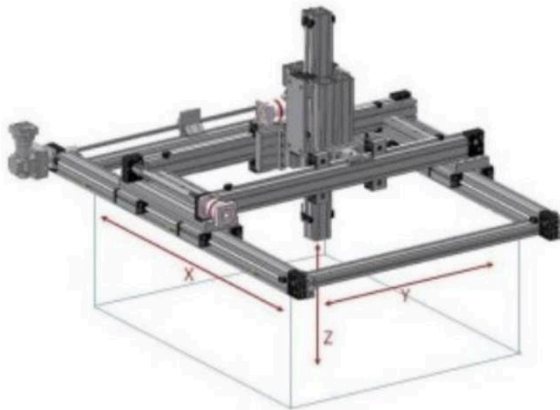


Слика 3. Приказ методе праха у 3Д штампи бетона. Извор: Баниасади, 2021.

3. Систем портала

Предност ове технике је у машини која има могућност кретања по 3 осе (x, y, z).

На овај начин, могуће је штампати велике и мале елементе са изузетно малим грешкама у односу на рачунарски произведен виртуелни модел будућег штампаног елемента.



Слика 4. Приказ машине за 3Д штампање бетона – портал штампач. Извор: Баниасади, 2021.

4. 6Д системи

Шестодимензиони системи се називају тако јер могу слободно да крећу млазницу која избацује материјал за штампу и на тај начин постижу слободније форме од оних добијених претходним методама. Тренутно постоје два типа: роботска рука или кран за штампање – који раде по истом принципу, док им се производи разликују само у размери (величини).



Слика 5. Приказ крана за 3Д штампање бетонских елемената / структура.
Извор: Баниасади, 2021.

5. Хибридне технике

Оне комбинују више техника унутар исте машине или се техника 3Д штампања комбинује са другим техникама нпр. CNC или ласерско сечење, као и технике уградње различитих компонената попут електронике, интегрисања термичких и других функција, као и различите појединачне компоненте система. Сваки од процеса има своје мане и предности и развијен је за различите апликације и материјале.

Такође разлика у техникама огледа се и у резолуцији штампања што подразумева дебљину (односно финоћу) слоја материјала који машина избацује у једном сегменту израде. За штампање бетоном и D-shape технологију слој је 4-6мм по пролазу док contour crafting техника формира слој од 13 мм. Мања количина материјала који се поставља у једном сегменту израде подразумева дужи производни процес, али такође значи бољу контролу у изради детаља. За елементе мањих димензија (који не захтевају изузетне конструктивне карактеристике) технологија 3Д штампе показала је велику флексибилност када је обликовни потенцијал у питању, али ограничење представљају доступни материјали којима се предмети израђују.

Најчешће примењивана техника штампе је стереолитографија (грађење слојева УВ ласером који подстиче спајање и учвршћавање подлоге од смоле у базену са течним фотоосетљивим полимером - користи се за честице од пластике, метала, керамике или стакленог праха). У примени су такође и инкјет (распршивање мастила где се доношењем слојева материјала (обично смоле) добија жељени облик; омогућава израду један предмет од више врста материјала), ФДМ техника (пластична влакна или металну жицу који се одмотавају са калема на померљиву млазницу која загрева и топи материјал и формира објекат који моментално очвршћава) и ЛОМ техника (сече ласером слојеве одређене димензије који се потом спајају везивним средством. Може користити папир као материјал и лепак на воденој бази, те је изузетно економична и нема штетног утицаја на људе и животну средину).

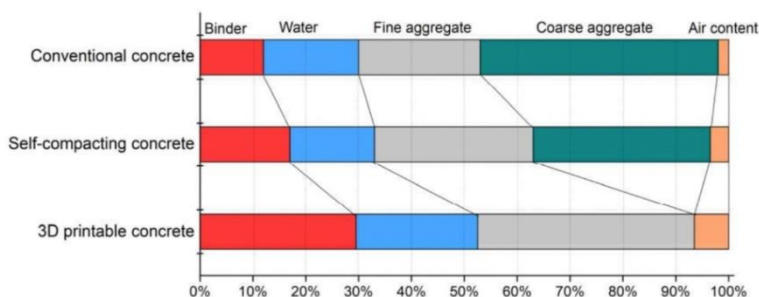


Слика 6. Прва насељена 3Д штампана кућа.

За 3Д штампу примењују се материјали различитог порекла у облику праха, гранула или влакана који се могу поделити у следеће категорије: полимери, керамички материјали, композитни материјали.

У случају штампе бетоном, уз рецептуру самог филамента, може се говорити о различитим врстама арматура које могу да се додају смеши ради очвршћавања (као што су стаклена или угљенична влакна), као и о додатном агрегату који има функцију адитива – на пример: комадићи полистирена – ради бољих термичких карактеристика.

Ова врста производње бетона такође је веома значајна због количине уторшеног материјала и могућности рециклаже. На следећем приказу види се однос смеше за штампу и ливење бетона:



Слика 7. Однос смеше за штампу и ливење бетона (извор: Рехман, 2021)

Предности 3Д штампаних бетонских структура су следеће:

- Умањена количина грађевинског отпада (или потпуно непостојање отпада при штампању)
- Брзина формирања / градње структура
- Смањење трошкова у погледу радне снаге и израде елемената на лицу места (на градилишту)
- Безбедност при извођењу радова
- Већа слобода у дизајну и реализацији замишљених форми

Потенцијални проблеми:

Проблем технологије 3Д штампе првенствено се налази у недовољно истраженим „физичким адитивима“ за структуре – као што су: типови термоизолације који се могу користити на оваквим објектима, тип и форма арматуре, као и њен утицај на дату структуру у смислу носивости (притиска) или отпорности на силе савијања, смицања, затезања.

За изведене структуре у 3Д штампаном бетону још увек не постоје нормативи нити прописани коефицијенти у било ком смислу - те је тешко одредити квалитет градње и самих могућности.

Неки од изазова (мана) коришћења 3Д штампаних бетонских структура на Балкану (континенталним и средоземним климатским условима и локацији) могу бити:

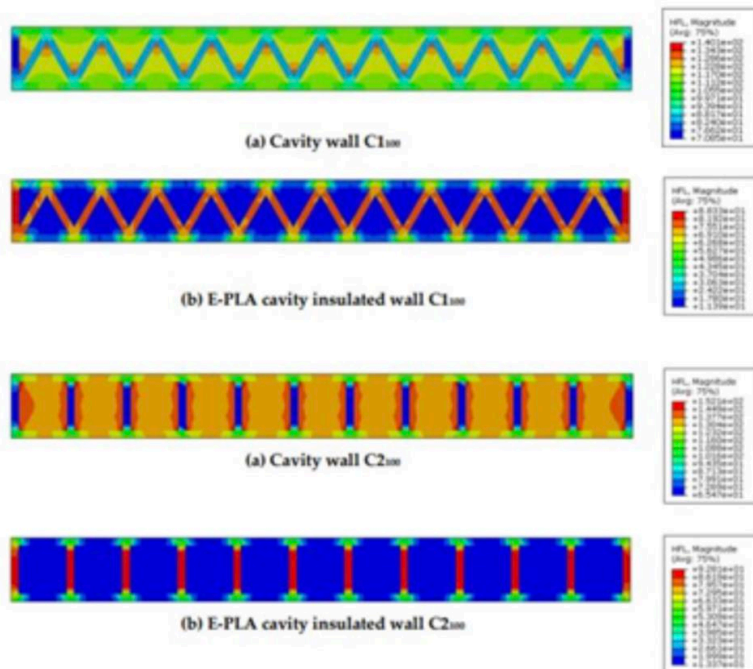
- Сеизмичког карактера (потреба за вертикалним и хоризонталним серкљажима који не би могли бити израђени у 3Д штампи)
- Термичког карактера (потреба за термичком изолацијом објекта)
- Акустичког карактера (звучна изолација)
- Економског карактера (транспорт и извођење)
- Питање одрживости структура

НАЧИНИ ПРИЛАГОЂАВАЊА

Када говоримо о прописима за термоизоловање објеката, односно стандардима о термичкој проводљивости градивних материјала - што је код 3Д штампаног бетона детектовано као највећи недостатак у датим условима - упоредна анализа извршена је на стандардном и 3Д штампаном бетонском зиду. Закључено је да са мањом дебљином зида тродимензионално штампани бетон испуњава и превазилази карактеристике стандардног бетонског зида. Исти резултати односе се и на кондензовање водене паре на два упоређена примерка.

Како постоје различите рецептуре 3Д штампаног бетона, за стандард који је неопходно задовољити узима се $\lambda=1W/(mK)$.

Постављање стандардних термоизолујућих материјала на површину која је добијена штампом је и даље неиспитано, и извесно је да ће додатне термоизолационе карактеристике морати доћи из "унутрашњости материјала" - односно физички унапред предвиђених комора или процепа са другачијим пуниоцем (који се такође штампа или насипа) или додавањем агрегата са посебним термичким карактеристикама у постојећу смешу бетона.



Слика 8. Приказ разлика у топлотној пропустљивости 3Д штампаних бетонских зидова – са коморама створеним при штампи и са истим коморама које су касније напуњене другим материјалима који су добри термички изолатори. Извор: Касзунка, 2019.

ЗАКЉУЧАК

Тренутна сазнања о тродимензионалној штампи бетона и самом филаменту (бетонској смеши) омогућавају нам довољно информација и података за штампање мањих архитектонских објеката – односно А зграда и то најчешће павиљонског типа – које су на граници размере између продукта индустријског (или урбаног) дизајна и грађевинских објеката.

Овакве грађевине не захтевају испуњење посебних норматива по званичним правилницима на снази, те могу имати веће коефицијенте термичке проводљивости или мању отпорност на механичка дејства (или временске услове). Са друге стране, 3Д штампани бетон пружа естетски важну компоненту – препознатљивост технологије – која се може лако разазнати и установити, а тренутно је актуелна.

Управо из тог разлога 3Д штампа бетона привукла је велику пажњу научне заједнице, као и шире јавности у сфери дизајна (графички, индустријски, архитектонски, урбанистички, дизајн ентеријера).

Како би се у будућности напредовало у посматраној техници потребно је радити на унапређењу материјала и технологије штампе – те омогућити производњу већих и захтевнијих објеката (или њихових елемената – уколико се то испостави економичније и више по еколошким стандардима).

Уз циљеве одрживог развоја, велика пажња усмерена је на еколошку компоненту свих иновативних материјала – на токсичност, време разградње, могућност рециклаже, порекло сировина (и обновљивост извора са којих сировине долазе) – с тим у вези, 3Д штампани бетон има потенцијала да у будућности постане нови начин за превазилажење ових проблема и задовољавање светских захтева по еколошким нормама, уколико се пронађе начин за превазилажење високе цене филамента, штампе, испитивања и специјализације радника ради коришћења датих штампача / машина.

За овакав искорак потребно је спровести велики број истраживања на различитим локацијама, како би се покриле првенствено велике разлике у временским условима и сеизмичким регулацијама широм света.

Уз то, велике лабораторије и организације (као и држава), могле би омогућити едукацију за мања предузећа и истраживаче – како би се што пре едуковао већи број људи и радило на различитим аспектима истраживања везано за овај материјал и процес извођења архитектонских објеката у њему – што само по себи подиже актуелност теме и свих сродних истраживања везаних за 3Д штампање бетона.

ЛИТЕРАТУРА

- Baniasadi, Setareh, The potential of 3D Concrete Printing technology in Landscape Architecture (2021). Theses and Dissertations. 5269.
- Tay, Yi Wei Daniel & Ting, Guan Heng & Panda, Biranchi & He, Lewei & Tan, M.J.. (2018). Bond Strength of 3D Printed Concrete. 10.25341/D4T59C.
- Cho, Seung & Kruger, Jacques & Zeranka, Stephan & van Zijl, Gideon. (2019). 3D Printing Concrete Technology and Mechanics.
- Krishnaraja, A.R. & Guru, K.V.. (2021). 3D Printing Concrete: A Review. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1055. 012033. 10.1088/1757-899X/1055/1/012033
- Licciardello, Lucia & Reggia, Adriano & Metelli, Giovanni & Plizzari, Giovanni. (2021). Investigation of the Structural and Thermal Behaviour of 3D Printed Concrete Walls.
- Suntharalingam, T.; Upasiri, I.; Gatheeshgar, P.; Poologanathan, K.; Nagaratnam, B.; Santos, P.; Rajanayagam, H. Energy Performance of 3D-Printed Concrete Walls: A Numerical Study. *Buildings* 2021, 11, 432. <https://doi.org/10.3390/buildings11100432>
- Bos, F.P.; Ahmed, Z.Y.; Jutinov, E.R.; Salet, T.A.J.M. Experimental exploration of metal cable as reinforcement in 3D printed concrete. *Materials* 2017, 10, 1314.
- Marchment, T.; Sanjayan, J. Penetration Reinforcing Method for 3D Concrete Printing. In *Proceedings of the Second RILEM International Conference on Concrete and Digital Fabrication*, Eindhoven, The Netherlands, 6–9 July 2020; Springer: Cham, Switzerland, 2020; pp. 680–690.
- Mechtcherine, V.; Grafe, J.; Nerella, V.N.; Spaniol, E.; Hertel, M.; Füssel, U. 3D-printed steel reinforcement for digital concrete construction—Manufacture, mechanical properties and bond behaviour. *Constr. Build. Mater.* 2018, 179, 125–137.
- Katzer, J.; Szatkiewicz, T. Properties of concrete elements with 3-D printed formworks which substitute steel reinforcement. *Constr. Build. Mater.* 2019, 210, 157–161.
- Özalp, Fatih & Yılmaz, Halit Dilşad. (2020). Fresh and Hardened Properties of 3D High-Strength Printing Concrete and Its Recent Applications. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering.* 44. 10.1007/s40996-020-00370-4.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

711.1/.4(082)
502/504:711.1/.4(082)
340.134:711(497.11)(082)

НАУЧНО-стручна конференција са међународним учешћем "Паметни градови и интеграција технологија четврте индустријске револуције 4.0" (14 ; 2022 ; Београд)

XIV Научно-стручна конференција са међународним учешћем "Паметни градови и интеграција технологија четврте индустријске револуције 4.0", Београд, 2022. / уредништво Весна Златановић-Томашевић, Ранка Гајић, Новица Стевановић. - Београд : Удружење инжењера Београда, 2022 (Београд : Zonex). - 255 стр. : илустр. ; 24 cm + 1 електронски оптички диск (CD-ROM ; 12 cm)

Тираж 100 .

- Стр. 3-6: Предговор / Уредништво.
- Библиографија уз већину радова.
- Abstracts.

ISBN 978-86-904328-0-6

1. Златановић-Томашевић, Весна (уредник)
2. Удружење инжењера Београд (Београд)
 - а) Урбанистичко планирање - Зборници
 - б) Животна средина - Заштита - Зборници
 - в) Просторно планирање - Законодавство - Србија - Зборници

COBISS.SR-ID 65562889